



TITLE:

水平二方向加力を受ける鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断挙動に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

井戸 裕, 勇樹

CITATION:

井戸 裕, 勇樹. 水平二方向加力を受ける鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断挙動に関する研究. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21065>

RIGHT:

京都大学	博士（ 工学 ）	氏名	井戸 裕 勇樹
論文題目	水平二方向加力を受ける鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断挙動に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、鉄筋コンクリート造耐震壁の構造性能の解明と設計法の提案を目的として、柱型を有し、せん断破壊が曲げ降伏に先行するように設計された耐震壁を対象に、載荷実験および数値解析により、水平二方向加力が耐震壁の構造性能に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。また、耐震壁の別の破壊形式である脚部すべり破壊についても耐力評価およびモデル化手法の提案を行い、さらに、E-ディフェンスにおいて行われた縮小 6 層鉄筋コンクリート造建物試験体の振動台実験に対して本モデルを適用し、時刻歴応答解析による検討を実施している。本論文は以下の 8 章からなっている。</p> <p>第 1 章は序論であり、研究背景と研究目的について記している。</p> <p>第 2 章では、鉄筋コンクリート造柱と壁に対して行われた、水平二方向加力下での構造性能に関する既往の研究をまとめている。</p> <p>第 3 章では、脚部すべり挙動が支配的な耐震壁の水平二方向加力実験について報告している。試験体は 4 体製作され、同一の寸法形状および配筋となっている。側柱は一辺 240mm の正方形断面、壁板は内法長さ 1760mm、内法高さ 900mm、厚さ 80mm である。柱軸力比を 0.2 程度とし、面内方向では片持ち形式載荷による三角形曲げモーメント分布、面外方向では複曲率の逆対称曲げモーメント分布となるように、載荷方法を設定している。実験変数は、面外方向と面内方向の層間変形角の比である。実験の結果、いずれの試験体も面内方向載荷時に層間変形角 0.5% 付近から脚部におけるすべりが生じはじめた。面外方向変形を作用させた試験体は、一方向加力した試験体と比較して、面内方向最大耐力が 9～16% 低下した。</p> <p>第 4 章では、脚部すべりが支配的な破壊形式となった第 3 章の試験体とは異なり、面内方向でせん断破壊、面外方向では曲げ降伏が先行するように設計した試験体を用いて、水平二方向加力実験を行っている。試験体は 3 体製作され、面内方向のみ載荷した試験体と、面外方向の水平変位を同一サイクルで与える面内方向水平変位の 1.5 倍および 3 倍とした試験体を設定している。側柱は一辺 250mm の正方形断面、壁板は内法長さ 1550mm、内法高さ 1400mm、厚さ 70mm である。実験の結果、二方向加力を行った試験体は、一方向加力を行った試験体に比べて、8% および 18% 最大耐力が低下した。</p> <p>第 5 章では、脚部すべり耐力評価手法と変形挙動のモデル化について述べている。脚部のすべりが支配的となる耐震壁の耐力算定手法を提案した。さらに、建築物地震応答の数値解析への適用を目的とした、脚部すべり挙動を簡略的に表現するための線材置換によるモデル化手法についても検証を行っている。すべり耐力の評価手法は以下のとおりである。対象となる壁に長期軸力を作用させた後、面内方向に静的荷重増分解析を行い、水平荷重—水平変形関係を得る。本章で提案する算定式によって計算した脚部すべり耐力と水平荷重を比較し、これらの交点の荷重を脚部すべり耐力としている。第 3 章におけ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	井戸 裕 勇樹
<p>る一方向載荷試験体の実験結果と比較すると、摩擦係数を 0.8 と設定することにより良好な評価値が得られることを示した。</p> <p>算出した脚部すべり耐力とスリップ型の履歴復元力特性モデルを用いた、すべりを模擬するためのバネ要素を耐震壁のモデル脚部に挿入することで、実験時に得られた水平荷重-層間変形角関係を層間変形角 1%のサイクルまで良好に再現できることを示した。さらには、耐震壁の脚部すべり挙動が観察された縮小 6 層鉄筋コンクリート造建物試験体の振動台実験に対しても本モデルを適用し、時刻歴応答解析による検討を実施している。その結果、最外構面の耐震壁脚部にすべりバネ要素を挿入した、脚部すべりを考慮するモデルでは、1 階の最大層間変形や X1 構面の変形量および平面的なねじれ挙動を、おおむね捉えることができることを示した。</p> <p>第 6 章では、面外方向変形の影響を考慮した面内方向せん断終局強度の予測手法を提案し、その算定精度等について検討を行っている。本予測手法は、二方向載荷時の曲げ耐力曲線およびせん断破壊曲線を仮定し、面外方向変形量に応じた面内方向のせん断終局強度を算定するものである。提案手法は、実験結果とのよい対応を示すことを明らかにした。</p> <p>第 7 章では、水平二方向加力下の耐震壁のせん断終局強度に関する知見の蓄積および既報の提案手法の算定精度の検証を目的として、第 4 章での試験体を対象に面外方向変形の大きさをパラメータとした 3 次元有限要素解析を実施している。有限要素解析から得られた水平荷重-層間変形角関係結果は、面外方向において大変形領域での挙動に一部課題を残すものの、面内方向については最大耐力付近まで実験結果と精度よく対応した。</p> <p>第 8 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、鉄筋コンクリート耐震壁の構造性能と耐震設計に対する今後の研究課題について論じている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、柱型を有し、せん断破壊が曲げ降伏に先行するよう設計された耐震壁を対象に、載荷実験および数値解析により、水平二方向加力が耐震壁構造性能に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。また、耐震壁に見られる別の破壊形式である脚部すべり破壊についても耐力評価およびモデル化手法の提案を行っている。得られた成果は次のとおりである。

1. 脚部すべり挙動が支配的な耐震壁 4 体の水平二方向加力実験に基づき、面外方向変形を作用させた試験体は、一方向加力した試験体と比較して、面内方向最大耐力が 9～16%低下することを示した。
2. 面内方向でせん断破壊、面外方向では曲げ降伏が先行するように設計した試験体 3 体を用いて、水平二方向加力実験を行い、二方向加力を行った試験体は、一方向加力を行った試験体に比べて、8%および 18%最大耐力が低下することを示した。
3. 脚部すべりが支配的となる耐震壁に対して耐力算定手法を提案し、建築物地震応答の数値解析への適用を目的とした、脚部すべり挙動を簡略的に表現するための線材置換によるモデル化手法についても検証を行った。すべり耐力算定では摩擦係数を 0.8 と設定することにより実験結果との良好な適合を得た。すべりを模擬するためのバネを提案し、これを耐震壁のモデル脚部に挿入することで、実験時に得られた水平荷重一層間変形角関係を良好に再現できることを示した。さらには、耐震壁の脚部すべり挙動が観察された E-ディフェンスにおける縮小 6 層鉄筋コンクリート造建物試験体の振動台実験についても本モデル化を適用し、時刻歴応答解析による検討を実施した。その結果、脚部すべりを考慮したことで、1 階の最大層間変形や平面的なねじれ挙動を、おおむね捉えることができることを示した。
4. 二方向載荷時の曲げ耐力曲線とせん断破壊曲線を仮定した上で、面外方向変形量に応じた面内方向のせん断終局強度を算定する面内方向せん断終局強度予測手法を提案し、その算定精度等について検討を行った。その結果、提案手法は、実験結果とよい対応を示すことを明らかにした。
5. 水平二方向加力下の耐震壁のせん断終局強度に関する知見の蓄積および上記提案手法の算定精度の検証を目的として、実験試験体を対象に面外方向変形の高さを変数とした 3 次元有限要素解析を実施した。有限要素解析から得られた水平荷重一層間変形角関係は、面外方向において大変形領域での挙動に一部課題を残すものの、面内方向については最大耐力付近まで実験結果と精度よく対応した。

以上、本論文は、鉄筋コンクリート耐震壁の設計を行う上で基礎となる重要な知見を与えており、学術上、実際に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 30 年 1 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

